



**UNIVERSITY  
OF OULU**

TIETO- JA SÄHKÖTEKNIIKAN TIEDEKUNTA

**Eetu Laukka  
Antti Keränen  
Nechir Salimi**

## **Pilvipalveluiden käyttö paikantamiseen perustuvissa AR- sovelluksissa**

Kandidaatintyö  
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma  
maaliskuu 2018

**Laukka E., Keränen A., ja Salimi N. (2018) Pilvipalveluiden käyttö paikantamiseen perustuvissa AR-sovelluksissa.** Oulun yliopisto, tietotekniikan tutkinto-ohjelma. Kandidaatintyö, 33 s.

## **TIIVISTELMÄ**

**Tutkimus perustui paikantamiseen perustuvan AR-sovelluksen (Augmented Reality, AR) kehittämiseen mobiililaitteelle. Tällaisen sovelluksen toiminta perustuu laitteen sijaintiin sekä sitä ympäröivästä alueesta saatavilla olevan tiedon vertaamiseen toisiinsa. Paikannukseen perustuvan sovelluksen täytyy saada informaatio käyttäjän sijainnista sekä sovelluksen haluaman informaation liittyen käyttäjän sijaintiin. Kerättyään tarvittavan informaation, AR-sovellus osaa näyttää käyttäjälleen ympäriltä kerätyn tiedon lisättynä todellisuutena reaalikuvan päälle.**

**Tutkimuksessa kehitetyn sovelluksen alustana päätettiin käyttää Android-käyttöjärjestelmää, jolle mobiilisovelluksen kehittäminen onnistuu helpoiten sekä tähän työhön sopivimmin. Sovelluksen kehittämiseen käytettiin Android Studio -kehitystyökalua, jonka käyttöön löytyy ohjeita [developer.android.com](https://developer.android.com) nettisivustolta. Työssä hyödynnettiin pilvipalvelu Google Servicen kategorioittain tarjoamaa informaatiota eri paikoista. Sovelluksessa käytettävä informaatio rajattiin yhteen Google Places-API:n kategoriaan, jossa arvioitiin olevan sopiva määrä kohteita sovelluksen kehittämistä varten. Informaation piirtäminen mobiililaitteen näytölle toteutettiin vertaamalla osuuko laitteen ja kohteen koordinaattien välinen suora linja kamerakuvan rajaamalle sektorille.**

**Tässä työssä onnistuttiin kehittämään AR-sovellus, joka paikantaa laitteen käyttäjää ympäröivät kohteet sekä esittää niiden sijainnin mobiililaitteen näytölle kameran luoman reaalikuvan päälle. Sovelluksen kehitys onnistui Android-alustalle vaivattomasti Googlen tarjoamien palveluiden avulla. Mobiililaitteet sopivat hyvin AR-tyyppisten sovellusten käyttämiseen niiden käytettävyyden ja riittävän tehokkuuden ansiosta.**

**Avainsanat:** augmentoitu todellisuus, mobiilisovellukset, pilvipalvelut lisätyssä todellisuudessa, paikantamiseen perustuvat palvelut

**Laukka E., Keränen A., ja Salimi N. (2018) Using cloud services in a location based augmented reality application.** University of Oulu, Degree Programme in Computer Science and Engineering. Bachelor's Thesis, 33 p.

## **ABSTRACT**

**This research is based on developing a location-based AR-application (Augmented Reality, AR) for mobile devices. This type of application requires information about the device's location, orientation and it must be aware of its surroundings. A location-based application must get information about the user's location and necessary information relative to that position. After gathering this data, the AR-app can display the surrounding's information on top of the real-time camera picture as an augmented reality.**

**Android-operating system was used as a platform for the application. It is an easy development platform and it was appropriate for this study. Android-Studio was used as the application development environment. It has a full online documentation in the following internet page: [developer.android.com](https://developer.android.com). Categorical information about nearby places from Google Services was used in this project. Data used in the application was limited to one of Google Places API category, that was estimated to produce an appropriate amount of results to develop the application. Drawing the information to the mobile device's screen was accomplished by comparing if the line between the device and the place is on the camera's current view.**

**This paper includes a successfully developed application that can fetch the nearby places for the user and show their location in the camera's real-time view. The development of the application for the Android-platform was an ease with the services offered by Google. Mobile devices are suitable for using AR-type applications because of their usability and adequate performance.**

**Keywords: AR, mobile apps, Google Services with augmented reality, Google Cloud, Location Based Services**

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

1. JOHDANTO .....	7
1.2 Tavoite.....	7
2. AUGMENTOITU TODELLISUUS .....	9
2.1 Määritelmä.....	9
2.2 Historia.....	10
2.3 Käyttömahdollisuudet .....	11
2.3.1 Nykyisiä sovelluksia .....	11
2.3.2 Tulevaisuuden sovelluksia .....	13
2.3.3 Haasteet.....	13
2.4 Laitteisto.....	13
2.4.1 Näytöt.....	13
2.4.2 Paikannuksen määrittäminen.....	15
3. ALUSTA.....	17
3.1 Android -käyttöjärjestelmä.....	17
3.2 IDE:n valinta.....	17
3.3 Android-arkkitehtuuri .....	18
3.4 Android-aktiviteetit .....	19
3.5 Android-palvelu.....	20
3.6 Android-broadcast .....	20
3.7 Android-content provider .....	20
4. PILVIPALVELUT .....	21
4.1 Google Places API.....	21
4.2 Pilvipalvelun valinta .....	21
5. TOTEUTUS.....	23
5.1 Motivaatio .....	23
5.2 Toiminnallisuus .....	23
5.2.1 Sensorit.....	24
5.2.2 Sensorifuusio.....	24
5.2.3 Suunnan määrittely .....	25

5.2.4 Laitteen sijainti.....	25
5.2.6 Datankäsittely .....	26
5.2.7 Kohteiden piirtäminen .....	28
5.2.7 Sovelluksen testaus .....	28
6. YHTEENVETO .....	30
7. LÄHTEET .....	31

## ALKULAUSE

Tämä kandiditutkimus on tehty sulautetut järjestelmät -kurssin projektityönä, osana Oulun yliopiston Tietotekniikan kandidaatin opintosuunnitelmaa. Kurssin projektina suoritimme kandiditutkimuksen Augmentoidun todellisuuden kehittämiseen. Haluamme kiittää augmentoidun todellisuuden parissa tutkivia ja työskenteleviä ihmisiä ympäri maailmaa, jotka ovat jakaneet tärkeää informaatiota kyseiseen teknologiaan liittyen. Haluamme myös kiittää sulautetut järjestelmät -kurssin vetäjiä Teemu Tokola sekä Juha Röning, tämän tutkimusprosessin avustuksesta sekä tutkimuksen mahdollistamisesta.

Oulu, maaliskuu 8. 2018

Eetu Laukka  
Antti Keränen  
Nechir Salimi

## LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

AR	Augmented Reality (Lisätty todellisuus)
MAR	Mobile augmented reality (Mukana kuljetettava lisätty todellisuus)
AZ	Atsimuutti
GPA	Google Places API (Googlen paikat rajapinta)
MCC	Mobile cloud computing (Pilvipalvelut mobiilisovelluksissa)
2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
SAR	Spatial Augmented Reality (Spatiaalinen lisätty todellisuus)
UI	User interface (Käyttöliittymä)
HHD	Handheld devices (Mobiililaite)
HMD	Headmounted devices (Päällä pidettävä laite)
LBS	Location Based Services (Paikantamisen palvelut)
TTF	Time To First Fix -mitta
A-GPS	Assisted GPS (Avustettu GPS)
VSD	Video spatial device (Spatiaalinen näyttö)
WD	Wearable device (Päälle puettava laite)

# 1. JOHDANTO

Lisätty todellisuus yhdistää virtuaalisen sisällön ja todellisuuden, luoden kokonaisuudeltaan rikkaamman informaation ympärillä olevasta maailmasta. Siltaa todellisen maailman ja virtuaalimaailman välillä kutsutaan siis lisätyksi todellisuudeksi [1]. Lisätty todellisuus on virtuaalisen informaation lisäämistä todellisen näkymän päälle [7]. Kyseinen teknologia on jo vuosikymmeniä vanha, mutta jatkuvasti kehittyvien laitteiden ansiosta lisätyn todellisuuden kehittäminen on lisääntynyt ja yleistynyt, laitteiden mahdollistaessa yhä raskaampien järjestelmien toimimisen. Lisätyn todellisuuden laitteina toimivat erinäiset tietokoneet, joista löytyy ainakin näyttö, kamera ja seurantasensoreita, jotta tarvittavan informaation kerääminen ja näyttäminen onnistuu. Laitteet ovat käyttötarkoituksen mukaan eriytyisiä, puettavista laitteista kädessä pidettäviin mobiililaitteisiin.

Mobiililaitteiden kehittyminen ja niiden tehokkuuden paraneminen on mahdollistanut augmentoidun todellisuuden myös mobiililaitteille (mobile augmented reality, MAR) [12]. Mobiililaitteilla käytettävien sovellusten helppo omaksuminen on lisännyt AR-sovellusten kehittäjiä käyttämään mobiililaitteita kehitysalustanaan. Niinpä yleisimpiä augmentoidun todellisuuden sovelluksia ovat mobiililaitteen paikantamiseen perustuvat sovellukset, joista yhdenlaisen sovelluksen kehittämisprosessiin tutustutaan tässä työssä. Lisätty todellisuus on nousevassa suosiossa oleva teknologian ala, joka antaa tulevaisuudelle monipuolisia kehityssuunnan mahdollisuuksia. Tässä työssä esitellään tutkimusryhmän toteuttama sijaintiin perustuva esimerkki-AR-sovellus Android-käyttöjärjestelmällä varustetuille älypuhelimille.

Palvelut tarjoavat monia mahdollisuuksia mobiilisovellusten kehittäjille. Palveluiden avulla voidaan esimerkiksi opastaa ja tiedottaa älypuhelimien käyttäjiä heidän ympärillä olevista tapahtumista tai auttaa heitä etsimään ympärillä sijaitsevia kohteita. Palveluiden monipuolisuus mahdollistaa sovellusten kehittämisen, jolla saadaan autettua käyttäjien jokapäiväistä elämää. Tutkimuksen aikana kehitetyn sovelluksen informaation hakemiseen käytetään Google Places-palvelua, jonka avulla saadaan kerättyä lisättyyn todellisuuteen tarvitsemaa informaatiota.

## 1.2 Tavoite

Kandiditutkimuksessa keskitytään siihen, kuinka pilvipalvelut auttavat sijaintiin perustuvia augmentoidun todellisuuden sovelluksia mobiililaitteissa. Projektissa kehitettiin sovellus, jonka käyttötarkoitus oli auttaa henkilöä navigoimaan ennestään tuntemattoman paikan ympärillä oleviin kohteisiin. Tutkimuksessa tehdyn sovelluksen kohderyhmänä olivat turistit, joita sovellus auttaisi löytämään heidän lähistöllään sijaitseviin baareihin. Tämän kaltaiset sovellukset voisivat myös helpottaa esteettömyyttä tarvitsevia ihmisiä, jotka haluavat etsiä paikkoja mobiililaitteilla. Esimerkiksi vaikkapa jatkokehittämällä tutkimuksessa kehitettyä sovellusta siten, että se pystyisi näyttämään käyttäjän oman valinnan mukaisten paikkojen sijainteja, voitaisiin parantaa käyttäjän navigoinnin esteettömyyttä mobiililaitteilla.

Työssä kehitetyn sovelluksen ollessa käytössä, mobiililaitteen näytöllä näytetään kameran antama reaaliaikainen kuva, johon lisättynä todellisuutena tuodaan



määrätyltä säteeltä löytyvien kohteiden sijainnit ja suunnat. Haettu informaatio kuvataan näytöllä kohteiden tiedoilla ja tunnisteilla, jotka sijoittuvat näyttöön niiden sijainnin ja suunnan perusteella ja näin käyttäjä voi nähdä laitetta liikuttaessa mistä mahdolliset kohteet löytyvät.

## 2. LISÄTTY TODELLISUUS

Augmentoidun todellisuuden (augmented reality, AR) sovellukset ovat laskentatehoa vaativia sovelluksia. AR-sovelluksissa virtuaaliominaisuus on heijastettu oikean maailman päälle rikastaen oikean maailman informaatiota. Todellinen maailma tapahtuu aina reaaliajassa, joten myös augmentoidun todellisuuden sovellusten on toimittava reaaliajassa. Kuvankäsittely- ja videonkäsittelyprosessit ovat tunnetusti erittäin raskaita prosesseja prosessorille. Jos AR-sovelluksen oikean maailman heijastaminen tapahtuu videokuvan avulla, niin tarvitaan nopeaa prosessoria käsittelemään videota tai kuvaa. Tämän lisäksi prosessorin täytyy pystyä heijastamaan virtuaalimaailma reaaliajassa videokuvaan. Joissakin tapauksissa tämän toteuttaminen on jo 2D-sovelluksissa raskasta, mutta 3D-sovellukset vaativat jo huomattavasti enemmän laskentatehoa.

Mooren lain mukaan halvasti toteutetuissa mikropiireissä transistoreiden määrä tuplantuu noin kahdessa vuodessa. Tällä hetkellä ollaankin päästy siihen pisteeseen, että lähes jokaiselta kuluttajalta löytyy taskustansa AR-sovelluksen suorittamiseen kykeneviä prosessoreita. Älypuhelimien kasvava sensorien määrä on antanut mahdollisuuden monimutkaisten AR-sovellusten toteuttamiseen. Tämän ansiosta älypuhelimet ovat avanneet suuren markkinan augmentoidun todellisuuden sovelluksille.

### 2.1 Määritelmä

Todellisen maailman ja virtuaalimaailman välillä voidaan siirtää objekteja toisesta toiseen erilaisilla menetelmillä [3]. Lisätty todellisuus voi olla esimerkiksi sellainen, että digitaalisen kuvan prosessoinnin avulla projektoidaan virtuaalimaailmaa todellisen maailman päälle, jolloin virtuaalimaailman esineet ovat siirretty todelliseen maailmaan ja kokonaiskuva on näin laajempi kuin pelkkä todellinen kuva. Projektoitu virtuaalimaailma voi olla sijainnin tai kuvankäsittelyn avulla saatu lisäinformaatio tai sovelluksen oman tarkoituksen mukainen kuva, joka halutaan näyttää käyttäjälle.

Augmentoitu todellisuus on saanut paljon huomiota kehittyneen teknologian myötä, koska nykyajan teknologia kykenee augmentoidun todellisuuden järjestelmän vaatimaan suorituskykyyn. Lisäksi myös älypuhelimet ovat kehittyneet monipuolisiksi taskutietokoneiksi, joiden ominaisuudet riittävät pyörittämään augmentoidun todellisuuden sovelluksia. Yhdistelemällä teknologioita pystytään monipuolistamaan ja toteuttamaan uusia teknologioita, jotka soveltuvat yhä monimutkaisempiin ympäristöihin. Älypuhelimelle kehittäessä täytyy muistaa puhelimen rajatut resurssit, ja niiden mukaan luoda tehokkaasti toimiva AR - sovellus [6].

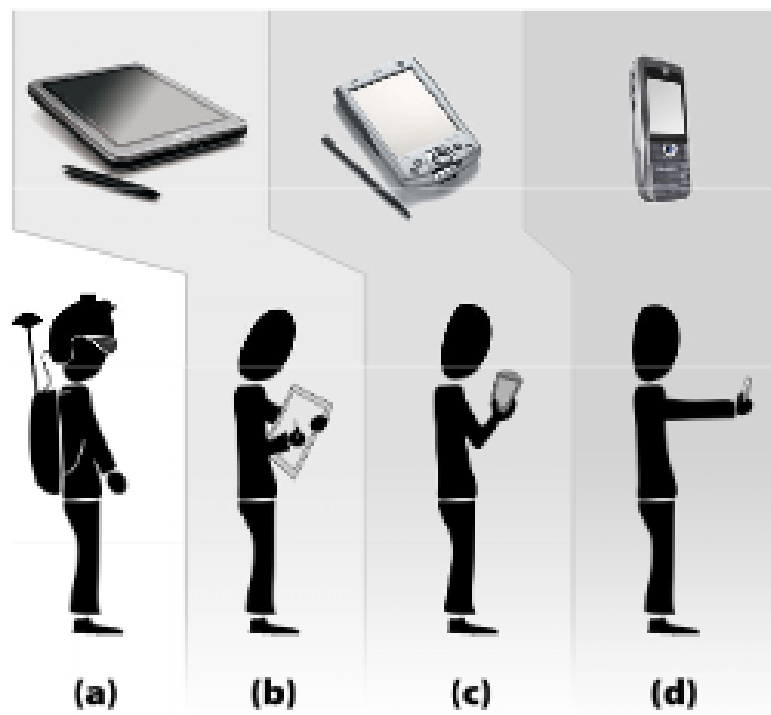
Augmentoidun todellisuuden järjestelmä näyttää kohteet kameran luoman todellisen kuvan sisällä ja mukauttaa ne laitteen asentoon sekä kohteiden sekä käyttäjän sijainnin mukaan. GPS-sensorit, lokalisoinnin tavat ja systeemit sekä kohteiden koordinaatit on oltava saatavilla, jotta augmentoitu todellisuus voidaan muodostaa näkyville [4] [5]. Näiden ominaisuuksien kehittyminen on mahdollistanut augmentoidun todellisuuden arkisessa käytössä vasta lähiaikoina. Mobiililaitteet ovat potentiaalisia vaikuttamaan AR-sovelluksien kehitykseen [2]. Tästä syystä

augmentoidun todellisuuden mahdollisuudet laajentaa nykyisiä palveluita ovat suuret.

## 2.2 Historia

Augmentoitu todellisuus on ollut näkyvillä jo 90-luvun alkupuolelta asti [3]. Termiä ei silloin niinkään käytetty, mutta kyseinen teknologia oli käytössä jo silloin. Lopulta teknologiaa alettiin kutsumaan augmentoiduksi todellisuudeksi. Nykypäivänä teknologia ja ihmisten käyttämät laitteet ovat kehittyneet niin paljon, että augmentoitua todellisuutta pystytään hyödyntämään ja käyttämään ihmisten arkipäiväisissä tekemisissä. Teknologia muodostaa virtuaalisesti lisäinformaatiota reaalikuvan näkymään samalla näytöllä. Augmentoitu todellisuus esimerkiksi hyödyntää laitteen mahdollistamia kamera ja GPS-sensoreita, joiden avulla se voi paikantaa oman sijainnin ja lisätä kameran antamaan näkymään virtuaalisia kuvia. Nykypäivän mobiililaitteet ovat hyvin kehittyneitä, joten augmentoitua todellisuutta voi käyttää jo erittäin monipuolisesti eri aloilla, mutta mobiililaitteiden monipuoliset käyttöominaisuudet tekevät niistä tulevaisuuden kannalta hyvin laajan ja mielenkiintoa herättävän kehitysympäristön.

Ennen augmentoidun todellisuuden yleistymistä mobiililaitteille, tutkijat käyttivät mobiililaitteiden sijaan epäkäytännöllisiä laitteita, kuten selässä kannettavia tietokoneita johon oli yhdistetty virtuaalilasit ja erilaisia sensoreita (kuva 1a).



Kuva 1. Augmentoidun todellisuuden kehitys mobiililaitteilla.

Ensimmäinen augmentoidun todellisuuden sekä virtuaalisen todellisuuden systeemi kehitettiin jo 60-luvun lopussa. Aluksi augmentoidun todellisuuden toteutus

oli hankalaa puutteellisen teknologian ja laitteiston takia. Käytössä olevat tietokoneet olivat painavia sekä virtuaalikuvan näytöt olivat usein erillisinä laitteina, joten laitteet eivät soveltuneet normaaliin arkikäyttöön. Kesti useampi vuosikymmen, kunnes kehittyi suorituskyvyltään tehokkaampia laitteita, jotka kykenivät vaativampaan augmentoituihin todellisuuteen.

Mobiililaitteiden kehitys alkoi 90-luvulla ja niistä tuli suosittuja lisätyn todellisuuden käyttölaiteita. Niiden pieni koko ja helppokäyttöisyys mahdollistivat laitteiden kuljettamisen mukana. Niinpä alettiin kehittää sovelluksia, joita ihmiset pystyivät käyttämään heidän arkitoimissaan. Laitteisiin kehitettiin GPS- ja kamera -ominaisuuksia, joiden avulla lisätty todellisuus sai laajempia ympäristöjä, kun alettiin siltaamaan paikannustietoja ja kuvia todellisuuden ja virtuaalisen todellisuuden välillä. Nämä mahdollistivat esimerkiksi toisten laitteiden havaitsemisen.

## 2.3 Käyttömahdollisuudet

Augmentoidulla todellisuudella hyödynnetään tuomaan todelliseen näkymään informaatiota, jonka avulla käyttäjä pystyy tulkitsemaan ympärillä olevaa maailmaa paremmin. Alun perin tätä on hyödynnetty muun muassa sotilaslentokoneissa. Nykypäivänä AR-sovelluksia kehitetään suurimmaksi osaksi mobiililaitteilla, koska niiden ominaisuudet, kamera ja GPS sekä suorituskky ovat pikkuhiljaa kehittyneet AR -sovellusten vaatimaan tehokkuuteen.

Mobiililaitteille on saatavilla jo tuhansia AR-sovelluksia. Mobiililaitteiden käyttäjämäärät ovat suuret, joten se lisää merkittävästi AR-sovellusten kehityksen suosiota mobiililaitteille. Pääosin augmentoitujen sovelluksien kehitys on painottunut viihdesovellusten alueelle, kuten peleihin ja navigaatio-ohjelmiin. Yleensä sovellukset perustuvat GPS- ja kiihtyvyysanturin avulla haettavaan tietoon laitteen sijainnista ja asennosta. Augmentoitu sovellus voi myös toimia käyttämällä kuvantunnistuksen algoritmeja, tunnistuen reaalikuvasta näkyviä kohteita tai niiden muotoja. Se, minkä informaation hyödyntäminen tapahtuu sovelluksessa, riippuu laitteiden ominaisuuksista. Mitä tahansa laitteen ympäröivästä maailmasta analysoitua tietoa hyödyntämällä, sovellukset havainnoivat käyttäjän ympärillä olevaa maailmaa ja muodostavat virtuaalisen informaation, joka näytetään laitteen näytöllä todellisen kuvan lisäksi.

### 2.3.1 Nykyisiä sovelluksia

Vaikkakin AR on uusi käsite, sitä hyödyntäviä sovelluksia on kertynyt jo vähintäänkin kategorisoinnin tarpeen tyydyttämiseksi. AR-sovelluksia löytyy tavalliselle kuluttajalle erilaisten pelien muodossa ja navigoinnin helpottamisessa. Suosittuja ovat myös sovellukset vaatteiden sovittamiseen tai huonekalujen kokeilemiseen.

Augmentoitu todellisuus tuleekin suurimmalle osalle kansasta tutuksi helposti saatavilla olevista mobiilisovelluksista. Kesällä 2016 julkaistu Pokemon Go -peli, ja sen nopea menestys aiheutti suuren piikin augmentoidun todellisuuden kiinnostukseen. Tämä on nähtävissä kuvassa 2, jossa pelin julkaisun jälkeen "augmented reality" -aiheen kiinnostus nelinkertaistui hetkellisesti [24].



Kuva 2. Augmentoidun todellisuuden kiinnostus Google Trends:n mukaan. Vaaka-akselilla aika, pystyakselilla hakujen trendikkyys suhteessa suosituimpaan aikaan.

Virkamies- sekä armeijakäyttöön on kehitetty koulutuksen helpottamiseksi monia simulointisovelluksia, joiden avulla voidaan esimerkiksi opetella sotalaitteen käyttöä ilman että joudutaan riskeeraamaan koulutuksen yhteydessä piileviä vaaroja. Erityisiä laseja on myös käytössä, jotka sisältävät AR-teknologiaa, kuten yökiikareita, jotka antavat paikannustietoa sekä muuta tietoa, jota normaali valo vahvistava päähine ei pysty antamaan [24, sivuilla 4-5].



Kuva 3. ARC4 on armeijan käytössä oleva AR-sovellus.

Miehittämättömät ajoneuvot ja koneet käyttävät myös AR-teknologiaa. Nämä sovellukset keräävät dataa laitteiden sensoreilla, ja lähettävät dataa konetta käyttävälle operaattorille videon mukana. Näin operaattori voi ohjata konetta ja suorittaa tehtävää, jopa tuhansien kilometrien päästä. Tällaiset sovellukset ovat kuitenkin mobiililaitteille vielä haastavia toteuttaa, sillä kännyköissä on vielä suhteellisesti vähän prosessointi tehoa ja vähän sensoreita, huipputietokoneihin verrattuna.

Lääketieteessä AR-sovelluksia käytetään roboteissa, jotka pystyvät suorittamaan leikkauksia ihmisille etäyhteydellä kirurgiin. Sovellukset voivat myös antaa reaaliajassa ohjeita ja vaihtoehtoisia päätöksiä, joilla pyritään parantamaan kirurgien toimintaa.

Lääketiede ei tarjoa markkinoita mobiilialusta peräisille sovelluksille, sillä mobiililaitteiden prosessointiteho ja internet-ominaisuudet eivät ole tarpeeksi hyviä, jotta voitaisiin luottaa ihmisen henki niiden turvaan [24, sivuilla 4-5].

### **2.3.2 Tulevaisuuden sovelluksia**

Vaikkakin AR-sovelluksia onkin jo paljon, on myös vielä paljon odotettavaa. Nopeasti kasvava prosessointiteho ja sensoreiden parantuminen ja lisääntyminen vain vahvistaa AR:n sovellusmahdollisuuksia.

AR voi tulevaisuudessa mahdollistaa tapaamisia ja kokouksia heijastuksen avulla, eli hologrammina. Esimerkiksi päässä pidettävään laitteen näyttöön heijastamalla.

Liike ja ele -tunnistuksen sovellukset ovat erittäin todennäköinen mahdollisuus tulevaisuuden mobiilisovellusten markkinoille. AR-sovelluksia voitaisiin käyttää esimerkiksi puhelimen näppäinten painamiseen tai sovelluksen navigoimiseen silmän liikkeen avulla. Tämän toteuttamiseen tarvittaisiin hyviä etukamerasensoreita, jotta voidaan seurata silmän liikkeitä tarkasti.

### **2.3.3 Haasteet**

Augmentoidun todellisuuden kasvavasta kiinnostuksesta ja suuresta kehityksestä huolimatta, sen luomisessa on yhä useita haasteita ja asioita, joita on vielä käsiteltävissä. Yksi tekijä, joka vaikuttaa augmentoidun todellisuuden onnistumiseen on käyttäjien hyväksyntä. Augmentoidun todellisuuden odotetaan kasvavan merkittävän nopeasti teknisen kehityksen ja toiminnallisuuden sekä hyväksynnän ja käyttökelpoisuuden tutkimisen ansiosta. Sen takia on tärkeää selvittää, mitkä ovat perusrajoitukset AR:n käyttäjien hyväksynnälle [29].

Sosiaalisen hyväksynnän pääasiallinen ongelma johtuu kannettavien laitteiden epämukavuudesta julkisissa paikoissa ja keskusteluissa. Tärkeä tekijä sosiaalisesti hyväksyttävälle laitteille on se, että käyttäjän täytyy olla luonnollisesti vuorovaikutuksessa laitteen kanssa. Jos käyttäjän ja laitteen välinen vuorovaikutus on epäluonnollinen, laitteen käyttö vaikuttaa hankalalta julkisissa paikoissa [30]. Augmentoidun todellisuuden järjestelmien kehityksestä markkinointiin saakka kohdataan muotiin liittyviä ongelmia, sillä käyttäjät eivät halua pukea hankalia teknisiä laitteita päällensä. Sovelluksien kehittäjien on huomioitava muotitrendit, mistä selviäminen saattaa olla iso askel [31].

Nykyhetkiset älypuhelimet on varustettu peruskomponenteilla, mitkä mahdollistavat AR-ominaisuuden mutta kuluttavat paljon virtaa, muistia ja tallennustilaa. Pienikokoisissa näytöissä on vaikea nähdä mitä näytöllä on, riippuen kuinka paljon siinä näytetään informaatiota. Älypuhelimien kamerat koetaan monesti ongelmaksi, valaistuksen ja väriominaisuuksien vuoksi, eli kameran tallentamat värit eivät vastaa oikeita värejä. [32].

## **2.4 Laitteisto**

AR-sovelluksen käyttämiseen tarvitaan ainakin seuraavia komponentteja: tietokoneohjelma (PC tai puhelin), näyttö, kamera ja seurantasensoreita. Yleisimpiä seurantasensoreita ovat kiihtyvyysanturi, gyroskooppi ja magnetometri. Laitteen paikantamisessa hyödynnetään GPS-tekniikkaa [17].

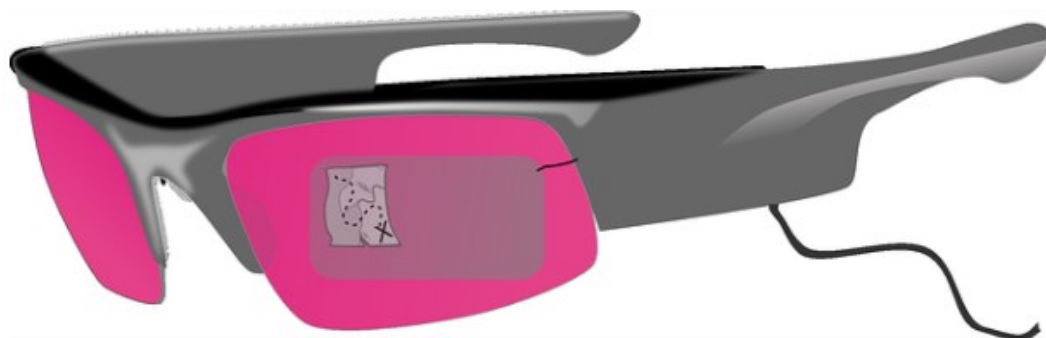
### **2.4.1 Näytöt**

Augmentoidun todellisuuden näytöt voidaan pääasiassa jakaa käsissä pidettäviin

näyttöihin (Head down displays, HDD), spatiaalisiin näyttöihin (Video spatial displays, VSD) ja puettaviin näyttöihin (Wearable displays, WD) [17].

Ennen kannettavat AR-järjestelmät olivat puettavia systeemejä, missä käyttäjä koki virtuaalisen sisällön käyttämällä päähän puettavaa laitetta (headmounted device, HMD), johon oli kytketty reppu sisältäen tietokoneen ja sensoreita. Suurimmaksi osaksi kannettavan AR-järjestelmän näytön alustana on käytetty HMD:tä tai HDD:tä. Älypuhelimien kehittymisen myötä, HDD-laitteet ovat osa käytetyimpiä laitteistoja AR-sovelluksiin. Ottamalla hyödyt irti kosketusnäytöstä ja sisälle rakennetuista eri sensoreista, HDD:n käyttö on paljon vaistovaraisempaa verrattuna HMD:hen, jolla taas on omat vahvuutensa visualisoinnin kanssa. Vaikkei omaksuminen ole yhtä laajaa kuin HDD:llä, HMD:n oma meriitti AR-näyttönä on antaa käyttäjälle todellisempi kuva virtuaalimaailmasta, kuten navigointi Google-laseilla kuvassa 4 [18]. Google-lasien avulla on myös tutkittu, kuinka autolla ajon aikana HMD-laitteen käyttäminen onnistuu HDD-laitetta paremmin, mutta uutena vaarana syntyykin virtuaalimaailman ja todellisuuden sekoittaminen [26].

Tyypillinen lähestymistapa käyttää HDD:ta HMD:n kanssa AR-systeemeissä on käyttää HDD:ta toisena näyttönä tai syöte-laitteena. Esimerkiksi älypuhelimien ja Google-lasien käyttö yhdessä onnistuu, kun puhelimella ohjataan lasissa näkyvää informaatiota. Tällöin HDD-laite toimii HMD-laitteen kanssa yhteydessä esimerkiksi bluetoothin kautta ja yhdessä ne käyttävät verkosta saatavaa tietokantaa informaation käsittelemiseen [28]. Kosketusnäyttöjen ja liikeseensorien määrän lisääntymisen myötä, HDD:ta on käytetty kontrolloimaan osoitinta HMD-näkymässä. Turingin-kone oli yksi ensimmäisiä kannettavia AR-systeemejä, mikä käytti hyväkseen HDD ja HMD ominaisuuksia yhdessä. Systeemi käytti hyväkseen tietokonetablettia kynän kanssa, näyttämään virtuaalisen sisällön HMD-näytölle. Henderson käytti älypuhelimia toisena näyttönä sitomalla käyttäjien ranteisiin puhelimen, jolla ohjattiin HMD-näytöllä näkyvää esitystä [18].



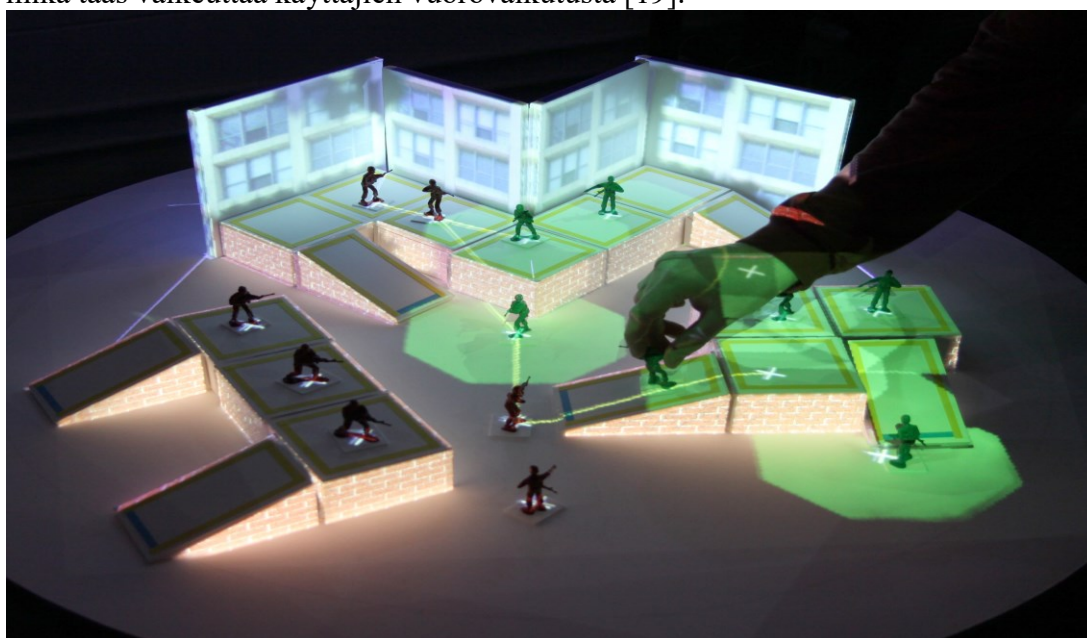
Kuva 4. Google lasit.

Erilaisia metodeja näiden yhdistämiseen on pyyhkäisy liike, missä HDD:sta voidaan siirtää erilaisia objekteja HMD-näyttöön pyyhkäisemällä. Esimerkiksi HDD näyttää listan 2D-ikoneja, jotka siirtyvät pyyhkäisyn jälkeen HMD:hen näkyen 3D-objekteina. HDD:ta voidaan käyttää yhdessä HMD:n kanssa näyttämään samasta AR-paikasta monitasoisista visualisointia. Monitasoinen visualisointi on hyödyllistä silloin, kun halutaan eri versioita virtuaalisesta 3D-objektista AR-paikasta [18].

Spatiaalisen Augmentoidun Todellisuuden (Spatial augmented reality, SAR) periaatteena on luoda AR-kokemus muuttamalla paikan ympäristöä haluamallaan

tavalla videoprojektorilla. Spatiaalisilla näytöillä tarkoitetaan paikallaan pysyviä näyttöjä, kuten kameravalvonta tai videoprojektori. Alustana toimii yleensä seinät, pöydät tai lattiat, joiden päälle objektit piirretään. Suunniteltu grafiikka, joka on spatiaalisesti kohdistettu fyysiseen objektiin, vaatii kalibroidun sekä 3D-ympäristöä ymmärtävän projektorin, jolla voidaan laskea projektorin vaaka- ja pystysuorakentät, pääkohta, polttoväli sekä asema ja suunta. SAR-järjestelmät voivat muuttaa objektien visuaalisia pintaominaisuuksia, kuten värejä, tekstuureja, pieniä muutoksia geometriaan, sävyyn ja läpinäkyvyyteen, jotka näkyvät kuvan 5 ARmy-pelissä. Tietyissä olosuhteissa SAR-systeemillä voidaan muokata esinettä omalla tavallaan, joka näyttäisi olevan tehty aivan eri materiaalista.

SAR asettaa augmentoidun piirroksen fyysisen objektin päälle, jottei virtuaalikuva ohjaisi käyttäjän huomiota pois oikeasta maailmasta. HMD:ssa saadaan samanlainen vaikutus, mutta se näyttää rajallisen näkymän ja vaatii pukemaan laitteen päähän, mikä taas vaikeuttaa käyttäjien vuorovaikutusta [19].



Kuva 5. ARmy-peli, monen käyttäjän vuorovaikutus.

#### 2.4.2 Paikannuksen määrittäminen

Paikannukseen perustuvat palvelut (Location based service, LBS) välittävät mobiililaitte käyttäjille personoituja palveluja tämän hetkisen sijainnin mukaan. LBS-kehitys on avannut ovia kehittäjille, matkapuhelin palveluille ja verkko-operaattoreille, joilla voidaan toimittaa puhelimen käyttäjille palveluita, esimerkiksi lähimpien kauppojen/palvelujen määrittäminen, liikenteen tilanne tai lähimpien kauppojen löytäminen [20].

GPS käyttää konstellaatiota 24 satelliitista, jotka kiertävät maata. GPS löytää käyttäjän sijainnin laskemalla signaaleja eri satelliiteista, jotka viedään vastaanottoon. Signaalit ovat dekodattuja, joten älypuhelimessa täytyy olla sisäänrakennettu GPS-vastaanotin [20] [21].

A-GPS (Assisted GPS, A-GPS) on uusi teknologia älypuhelimille, joka käyttää hyväkseen mobiilidata-verkkoa ja GPS-signaalia välittämään tarkemman sijaintitiedon 5-10 metrin tarkkuudella. Sijainnin määrittäminen voidaan toteuttaa TTFF(Time To First Fix, TTFF) , missä A-GPS hankkii ja ottaa talteen tietoja



satelliittien sijainnista verkon kautta, jossa tietojen lataamista ei tarvitse tehdä satelliittien kautta. A-GPS-paikannusta voidaan käyttää myös käyttämällä hyväksi matkapuhelin mastoja. Sen avulla voidaan laskea paikan sijainti, kun mobiililaitteen GPS-signaalit ovat heikkoja tai signaalit eivät ole saatavilla. Menetelmää käyttämällä saadaan nopeammin sijaintitiedot, sitä voidaan käyttää rakennuksen sisällä sekä sen käyttö kuluttaa vähemmän virtaa [20].

### 3. ALUSTA

Tutkimuksessa tehdyn sovelluksen alustana toimi Android-käyttöjärjestelmä. Android-arkkitehtuuri on neljän pääkerroksen ja viiden eri osaston muodostama kokonaisuus. Android tarjoaa kehittäjille monipuoliset palvelut kehittää sovelluksia vapaan alustan päälle. Tutkimuksessa tehdyn sovelluksen ohjelmointi tapahtui Java-kielellä käyttäen Android Studio -kehitystyökalua. Sovelluksen periaatteena on hakea laitteen sijainti sekä lähellä olevien ravintoloiden koordinaatit Googlen tarjoamasta ilmaisesta pilvipalvelusta Google Places API:sta.

#### 3.1 Android -käyttöjärjestelmä

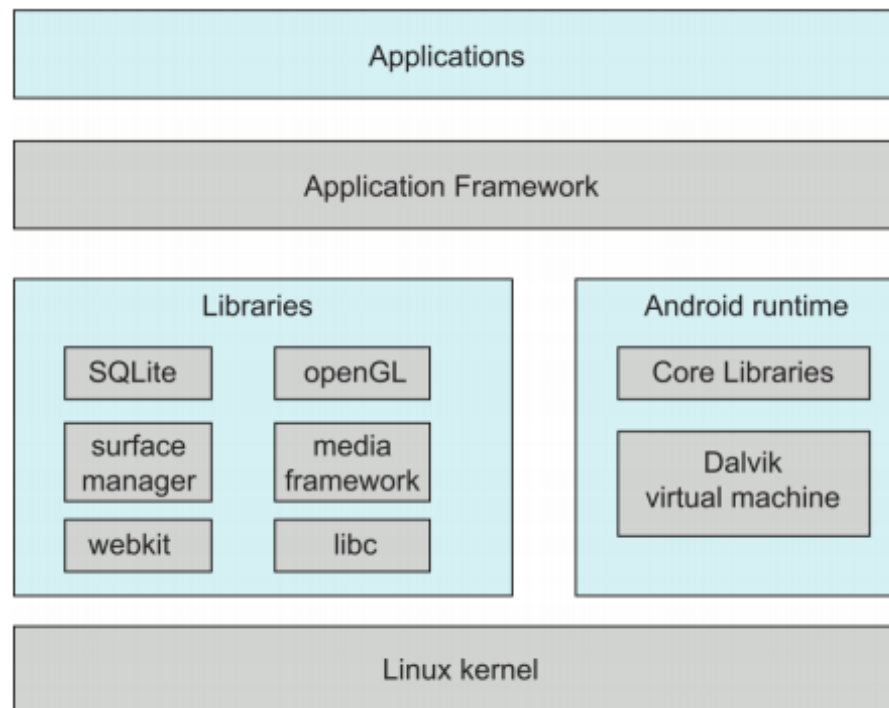
Projektissa käytettiin Android -käyttöjärjestelmää, ohjelma tukee laitteistoja käyttöjärjestelmä Android 5.0 (Lollipop) versiosta ylöspäin. Android on Linux-pohjainen käyttöjärjestelmä, joka on mobiililaitteiden käytetyin käyttöjärjestelmä. Suuresta käyttäjäkunnasta huolimatta se joutuu kärsimään laitteiden pirstoutumisesta, kun käytössä on monen tyyppisiä eri laitteita eri Android-versioilla [27]. Androidin omistajana toimii Google, jonka tarkoituksena on kehittää avoimia standardeja mobiililaitteille. Avoimeen lähdekoodiin perustuva alusta antaa käyttäjille täydet mahdollisuudet käyttää käyttöjärjestelmää ilmaiseksi sekä kehittää ja julkaista sovelluksia Google Play -palvelun kautta [10]. SSN sovellukset pyörivät Javaan perustuvan Dalvik- virtuaalikoneen päällä. Ohjelmointi tapahtuu Java-kielellä, mutta kääntäjä kääntää kirjoitetun ohjelmakoodin .apk-tiedostoksi, josta android-laite tunnistaa automaattisesti APK-tiedoston sovellukseksi [8]. Ohjelmointi työkaluina voidaan käyttää Android Studiota tai Android SDK:ta. Android pystyy myös tulkitsemaan C / C++ ohjelmointikieltä, jota voidaan kehittää Android NDK kehitystyökalulla.

#### 3.2 IDE:n valinta

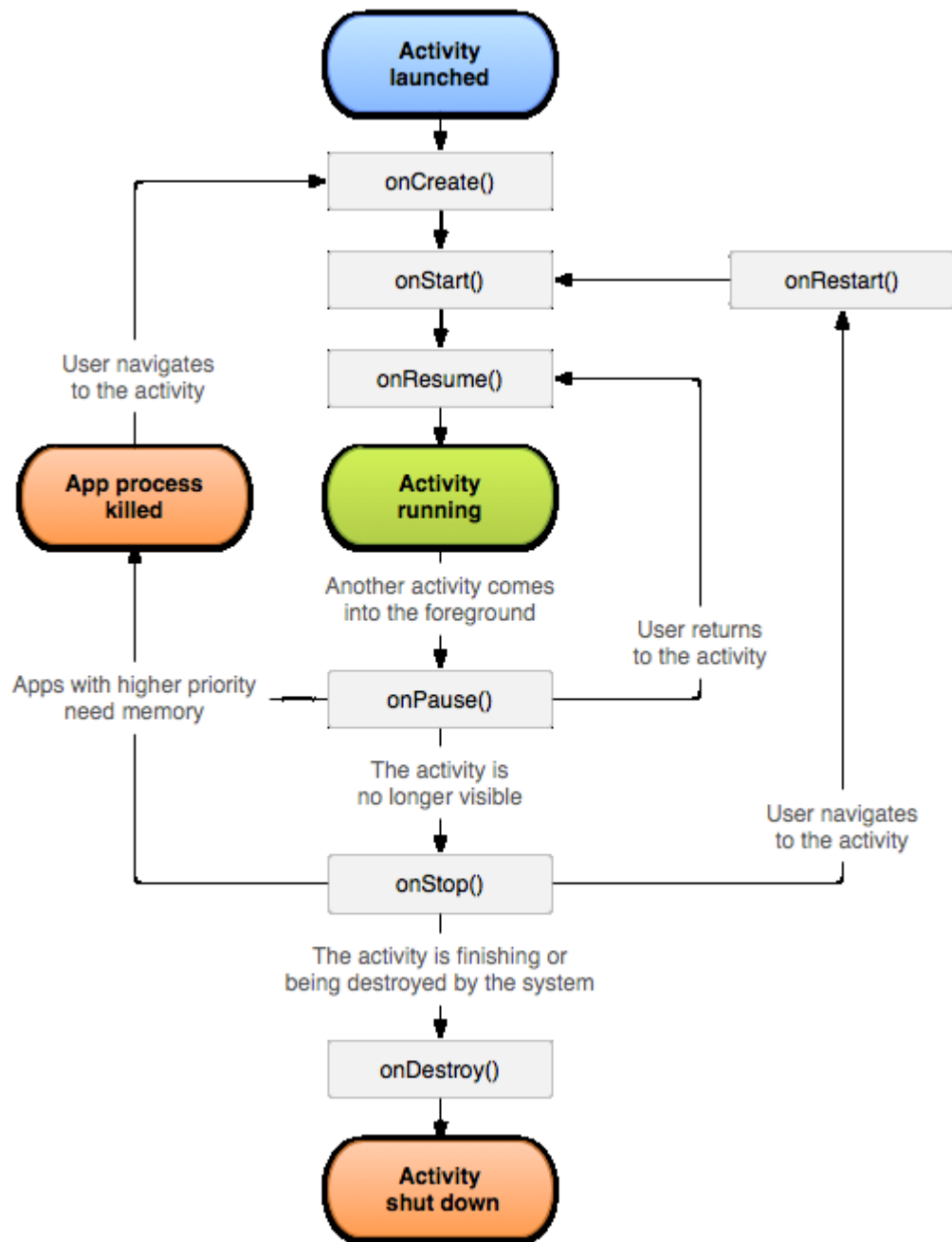
Androidille kehittämiseen on monia sovelluksia. Tässä työssä päädyttiin Android Studion käyttöön, sillä tämä on Googlen oma kehitysalusta. Näin varmistetaan että käytössä on viimeisimmät päivitykset, sekä saadaan kaikki Androidin ominaisuudet käyttöön. Android Studiolla on myös paljon valmiita toimintoja, jotka helpottivat tutkimusryhmää toteuttamaan sijaintiin perustuvan AR-sovelluksen. Google Places API antoi monipuoliset ja tarvittavat työkalut, juuri tähän tarkoitukseen toteutettua sovellusta varten. Places API:sta kerrotaan tarkemmin luvussa 3.5. Tutkimuksessa käytiin läpi valmiita AR-kehitykseen tarkoitettuja ympäristöjä, mutta usein nämä ympäristöt vaativat vuosittaista maksua, jota tässä tutkimuksessa ei haluttu maksaa.

### 3.3 Android-arkkitehtuuri

Android-arkkitehtuuri on neljän pää-kerroksen ja viiden eri osaston muodostama kokonaisuus kuvassa 6, jossa alimpana kerroksena toimii Linux Kernel. Googlen mukaan Linux antaa ajureiden avulla monipuolisen tuen monenlaisille laitteille. Ajureiden ansiosta Linux-pohjainen Android, soveltuu erinomaisesti juuri kamera- ja näyttö-laitteistoille. Toiseksi alimmassa kerroksessa sijaitsevat sovelluskirjastot sekä Dalvik-virtuaalikone. Niiden päälle jää ohjelmistokehys, joka antaa mahdollisuudet käyttäjien luoda sovelluksia, jotka pystyvät toimimaan valmista ohjelmistokehystä käyttäen. Päällimmäiseksi kerrokseksi jää Androidiin asennetut sovellukset [8].



Kuva 6. Android-järjestelmän arkkitehtuuri.



Kuva 7. Androidin aktiviteetti tilakaavio.

### 3.4 Android-aktiviteetit

Android-sovelluksessa käytetään aktiviteetteja systeemin kanssa vuorovaikutuksessa olemiseen. Aktiviteetti edustaa sovelluksen kuvaruutua, jolla on UI. Aktiviteetit ovat siis sovelluksen ydin. Aktiviteeteilla voi olla 4 eri tilaa: suoritustila, taukotila, pysäytystila, sekä sulkemistila. Kuvassa 7 nähtävässä aktiviteettien tilakaaviossa neliöt ovat Callback metodeja, joihin voidaan implementoida operaatioita aktiviteetin tilan vaihtumisen aikana. Värilliset laatikot ovat sen sijaan aktiviteetin tilat, jossa se voi olla. Aktiviteetit ovat itsenäisiä toisistaan, vaikkakin ne muodostavat yleensä

yhdessä toimivan käyttäjäkokemuksen [9].

### **3.5 Android-palvelu**

Android-palvelu (Android Service) on komponentti<sup>1</sup>, joka pyörii taustalla tehden pitkäkestoisia operaatiota, tai tekee työtä muille prosesseille. Palvelu ei tarjoa käyttäjälle UI:ta. Esimerkkejä palvelusta on musiikin soittaja taustalla, kun käyttäjä on toisessa sovelluksessa, tai datan hakeminen verkosta ilman että se keskeyttää käyttäjän vuorovaikutuksen aktiviteetin kanssa. Aktiviteetti komponentti voi käynnistää palvelun ja antaa sen suoriutua tai sitoutua siihen, jolloin se voi olla vuorovaikutuksessa palvelun kanssa [9].

### **3.6 Android-broadcast**

Broadcast vastaanottimet vastaavat systeemin tai toisten ohjelmien lähettämiin viesteihin. Ne kertovat toisille sovelluksille esimerkiksi, jos laitteeseen on ladattu dataa, jota sovellukset voivat käyttää. Broadcast vastaanottimet katkaisevat kommunikoinnit ja aloittavat seuraavan tilanteen määrittävät toiminnot [9].

### **3.7 Android-content provider**

Sisällön tarjoaja toimittaa dataa sovellukselta toiselle pyynnön avulla. Se kykenee säilyttämään tietoa monella eri tapaa, kuten tietokannoissa, tiedostoissa tai verkossa [9].

<sup>1</sup> Android app components, <https://developer.android.com/guide/components>

## 4. PILVIPALVELUT

Paikantamiseen perustuvat palvelut toimivat käyttäjän paikkatietojen avulla. Käyttäjät saavat informaatiota heidän sijainnistaan älypuhelimien GPS-ominaisuuden avulla samalla, kun palvelut prosessoi tätä informaatiota saadakseen lisää hyödyllistä informaatiota heidän sijaintinsa lähetyviltä. Paikantamiseen perustuvien palveluiden täytyy toimittaa informaatiota jatkuvasti, jotta tieto pysyy oleellisena käyttäjälle. Tutkimuksessa käytimme Google Places -palvelua, joka palauttaa tietoja halutun kategorian kohteista, jotka määrittellään verkkopalvelussa kiinnostuksen kohteiksi, HTTP-pyyntöjä käyttäen.

### 4.1 Google Places API

Projektissa tehty sovellus hakee kohteiden koordinaatit käyttämällä Google Places API -rajapintaa (GPAPI). GPAPI on rajapinta, joka palauttaa tietoja kohteista, jotka määrittellään HTTP-pyyntöissä kiinnostuksen kohteiksi. GPAPI sisältää neljä pää palvelua: Place Searches - palauttaa listan lähellä olevista paikoista, käyttäjän määrittelemästä sijainnista. Place Details - palauttaa tarkemman informaation käyttäjän määrittelemästä paikasta. Place Check-ins - antaa käyttäjän ilmoittaa olleensa paikassa, Place Reports - antaa käyttäjän lisätä uusia tai poistaa vanhoja sijainteja Places palvelun tietokannasta. Sovelluksien pyyntöjen määrä on rajattu. Anonyymikäyttäjän sovellukset voivat tehdä 1000 pyyntöä vuorokaudessa ja identifioidun käyttäjän sovellukset 100 000 pyyntöä. Muut lisäominaisuudet ovat maksullisia.

Paikkojen haku tapahtuu HTTP-pyyntöillä, jolla palautuu lista käyttäjän sijainnin lähetyvillä olevista paikoista. Pyyntöä käsittelevän jälkeen palautuva lista suodatetaan pituus ja leveys koordinaattien avulla. Rajapinnassa käyttäjän sijainnin ympärille rajataan säde, joka rajaa tietyn etäisyyden ja API palauttaa vain rajatun alueen sisään jääneet kohteet. Kohteet voidaan myös suodattaa paikan tyyppin perusteella. Palautuva lista sisältää paikat, joiden tiedoista saadaan kohteiden nimet ja koordinaatit. Palautunut lista voidaan myös kääntää kielelle, jonka käyttäjä haluaa [13] [12].

### 4.2 Pilvipalvelun valinta

Pilvipalvelun valinta sijaintiin perustuvassa AR-sovelluksessa on erityisen tärkeä. Tässäkin tutkimuksessa tehdyn sovelluksen toiminta on täysin riippuvainen pilvipalvelun tarjoamasta tiedosta, joten pilvipalvelun odotetaan toimivan sekä tukevan sovellusta eri versioilla.

Pilvipalvelujen käyttö mobiilisovellus-kehityksessä on yleistynyt hyvin laajaksi ja sitä kutsutaan käsitteellä MCC (mobile cloud computing) [11]. Hyödyt pilvipalvelujen käyttämisestä mobiilisovellusten kehittämiseen ovat nopea ja helppo informaation saaminen datan tarjoajilta ja monipuoliset käyttömahdollisuudet kehittää sovelluksia. Androidille kehitettäessä on syytä ottaa huomioon Googlen omat palvelut, kuten Google Play Service, jonka APK pyörii lähes jokaisen Android-

käyttöjärjestelmän taustalla, ja jos tätä APK:ta ei ole asennettuna laitteeseen, se on saatavilla Google Play Storesta. Tämä on tehty sitä varten, ettei kehittäjien tarvi päivittää sovellusta joka kerta, kun Google Play Service:ä päivitetään. Näin Google pystyy eristämään omien palveluiden suorituksen kehittäjien toteutuksesta. Jokainen laite, joka sisältää Android 2.2:n tai uudemman version, on kykenevä asentamaan minkä tahansa sovelluksen, joka käyttää Google Play -palvelua [14].

Ottaen huomioon nämä seikat sekä sen, että tutkimusryhmän oma sovellus oli lähtökohtaisestikin tarkoitus toteuttaa vain Android-järjestelmälle, oli luonnollinen valinta valita toteutukseen Googlen tarjoamat palvelut, kuten Google Places. Android Studiossa on valmiiksi tarjolla tämäkin palvelu ilman kustannuksia. Luvussa 5 kerrotaan tarkemmin, kuinka Google Places API:a käytetään tämän projektin sovelluksessa.

Google Places API tarjoaa heidän oman mainonnan mukaan yli 100 miljoonaa kohdetta 96:ssa eri kategoriassa. Kategorioiden hierarkia on löysä, mutta riittävä tutkimusryhmän työtä varten, sillä tutkimuksessa käytetty sovellus etsii jokaisen baarin lähistöltä, mutta ei lajittele niitä eri tyyppeihin. Tämän tarpeen Google Places API tyydyttää hyvin pelkällä "bar" -merkinnällä. Google Places API kategoriota on epätarkoista tarkkoihin, esimerkiksi yritys (establishment) ei ole tarkka kategoria, mutta jalokivi/korukauppa on. Nämä ominaisuudet antavat hyvät paikantamiseen perustuvat palvelu mahdollisuudet erikokoisille projekteille [15].

Google Places API ei luonnollisesti ole aina se paras vaihtoehto paikantamis-palveluun. Palvelun valinta perustuu haluttuun tulokseen, hyviä esimerkkejä löytyy 2012 konferenssijulkaisussa: "Crowds Replace Experts" [16]. Tässä julkaisussa käydään läpi kuinka suuren käyttäjämäärän tuella saadaan paikantamiseen perustuvan palvelun tuloksista tarkempia. Yelp ja FourSquares -palveluiden avulla saadaan paikkojen lisäksi ajan tasalla olevia arvosteluja, joiden avulla voidaan suositella tiettyä paikkaa käyttäjälle toisen sijasta. Muita Google Places API:n tapaisia palveluita ovat esimerkiksi Bing local ja Yahoo! local.

Tutkimuksen nopean aikataulun ja yksinkertaisuuden vuoksi päädyimme Googlen omaan palveluun, jotta saadaan helposti ja nopeasti kehitettyä tutkimuksessa käytetty sovellus, ilman erityistä syventymistä kolmannen osapuolen palveluun.

Googlen tarjoamien palvelujen avulla on tehty pelejä, kuten ManHunt, joka käyttää Google Directions API:a. Google Directions API:sta on paljon hyötyä ulkoilmassa käytettäville sovelluksille [22]. Google Directions API on palvelu, joka laskee suunnat haluttujen kohteiden välillä käyttäen HTTP-pyyntöjä. Suunnat voidaan etsiä eri tyyppisistä liikkumisista, kuten ajamisesta tai kävelystä. Directions API soveltuu paremmin lähistöllä olevien kohteiden tunnistamiseen tai reitin näyttämiseen.

Eri API:t kuten Location API, Google Maps, Direction API ja Places API helpottavat paikantamiseen perustuvien sovelluksien kehitystä Android alustalle [20].

## 5. TOTEUTUS

Projektissa kehitettiin sovellus, joka hyödyntää Googlen Places API -rajapintaa ja tuo sovelluksen käyttäjälle lähettyvillä sijaitsevien baarien koordinaatit. Käyttäjän katsoessa näytön läpi kameran reaalikuvaa, näytölle lisätään kohteiden nimet ohjaten käyttäjälle niiden suunnat ja etäisyydet. Jotta sovellus osaa laskea laitteen ja kohteiden suunnat, sovelluksen on otettava käyttöön siihen tarvittavat sensorit. Sovellus kerää tarvittavat tiedot hakemalla kohteiden koordinaatit Google Places API:sta sekä laskee laitteen sijainnin ja asennon sen sensoreiden, kuten gyroskoopin sekä magnetometrin avulla. Sovellus käsittelee keräämänsä datan ja selvittää kohteiden informaatiot. Tämän jälkeen sovellus piirtää tiedot laitteen näytölle virtuaalisesti. Projektissa kehitetty sovellus ladattiin Google Play Storeen, josta sen voi halutessaan ladata kokeiltavaksi.

### 5.1 Motivaatio

Sovelluksella pyrittiin helpottamaan ihmisten navigointia uudessa sijainnissa. Projektissa kehitettiin sovellus, jolla voi paikantaa lähellä olevia kohteita katsomalla kameran kuvaa ja etsimällä ympärillä olevia kohteita. Laitteen suuntaa vaihdettaessa, näytölle ilmestyy kohteet niiden suunnan ja etäisyyden perusteella. Sovellus mahdollistaa esteettömyyden mobiililaitte-käyttäjille navigoida ympärillä olevia kohteita ilman verkko selaamista.

### 5.2 Toiminnallisuus

Sovelluksen toimiakseen on otettava käyttöön tarvittavat sensorit, joita tarvitaan suuntien määrittämiseen. Sensoreihin päästään käsiksi kutsumalla getSystemService argumentilla SENSOR\_SERVICE. Samalla tavalla saadaan myös kameroihin yhteys kutsumalla CAMERA\_SERVICE. Yhteydet on tehty sovelluksen käynnistämisen yhteydessä, onCreate() metodissa, joka on nähtävissä kuvassa 8.

```
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
  
    mSensorManager = (SensorManager) getSystemService(SENSOR_SERVICE);  
    CameraManager manager = (CameraManager) getSystemService(CAMERA_SERVICE);
```

Kuva 8. Sensoreiden käyttöönotto.



```

public void onSensorChanged(SensorEvent event) {
    if (event.sensor.getType() == Sensor.TYPE_ROTATION_VECTOR) {
        SensorManager.getRotationMatrixFromVector(rMat, event.values);
        SensorManager.remapCoordinateSystem(rMat, SensorManager.AXIS_X, SensorManager.AXIS_Z, rMat);
        mAzimuth = (int) (Math.toDegrees(SensorManager.getOrientation(rMat, orientation)[0]) + 360) % 360;
    }
}

```

Kuva 9. sensoreiden käyttäminen Android Studioissa.

Sensoreiden käyttöönottamisen jälkeen voidaan käyttää `onSensorChanged` metodia, joka on määritelty `SensorEventListener` luokassa. `onSensorChanged` metodi suorituu 10 ms välein ja se päivittää sensorin tiedot. Kuvassa 9 muodostetaan rotaatio vektori, jota tarvitaan suuntiman (AZ) laskemiseen. Laitteen `AXIS_X` ja `AXIS_Z` -arvoista.

### 5.2.1 Sensorit

Kiihtyvyysanturi kertoo laitteen asennon. Sen avulla pystytään selvittämään, onko laite pysty vai vaaka-asennossa. Tämän ominaisuuden avulla näytön kuva voidaan halutessaan kääntää laitteen asennon mukaan oikein päin, joka helpottaa laitteen sovellusten käyttämistä eri asennoissa. Kiihtyvyysanturi perustuu laitteen muuttuvaan kulmaan maahan nähden. Se ei siis kykene havaitsemaan laitteen paikoittaisia asentoja vaan muuttuvaa asentoa. Laitteen tulee olla liikkeessä, kiihtyvyysanturin ollessa päällä. Sillä pystytään mittaamaan laitteen kiihtyvyyttä ja liikettä, esimerkiksi tärinää (askelmittari). Kiihtyvyysanturi ei kuitenkaan pysty kertomaan niin tarkkaan laitteen asennosta kuin gyroskooppi.

Magnetometri toimii laitteessa kompassina, mitaten laitteen suunnan maapallon magneettikentän avulla. Se mittaa laitteen suunnan maapallon magneettisen pohjoisen suhteen. Kiihtyvyysanturi toimii magnetometrin apuna. Näin magnetometri sisällyttää molempien sensoreiden keräämät tiedot ja tarkentaa yhteisen datan avulla suunnan mahdollisimman tarkaksi.

Gyroskooppi toimii muiden sensoreiden apuna hyödyntäen toisten sensoreiden keräämää dataa. Se on tarkempi laitteen itsensä suhteen pyörimisen ja liikkuvuuden mittaamisessa. Sen avulla kyetään katsomaan laitteen asento ilman, että laite liikkuu. Gyroskooppi mittaa asentonsa oman keskuspiisteensä suhteen.

### 5.2.2 Sensorifuusio

Sensorifuusioprosessi yhdistää Android-puhelimen sensoreiden keräämiä tietoja ja antaa niiden perusteella suodatettua sensoridataa kaikista puhelimen sensoreista. Esimerkiksi kiihtyvyysanturin herkkä käsittelemätön data saadaan suodatettua vertaamalla dataa gyroskoopin samanaikaisiin muutoksiin. Tällätavoin sensoridataa yhdistelemällä saadaan mahdollisimman tarkka ja vakaa arvo muun muassa tutkimuksessa tehdyn sovelluksen suuntaan [25].

### 5.2.3 Suunnan määrittely

Puhelimen katselusuunta (AZ) saadaan Android-käyttöjärjestelmässä käyttämällä sensori tyyppiä: TYPE\_ROTATION\_VECTOR, tämä synteettinen sensori tyyppi käyttää sensorifuusio menetelmää, joka on selitetty edellisessä kappaleessa.

AZ:n yksikkönä käytettiin asteita, viiden asteen pyöristyksellä. Aluksi lasketaan laitteen suuntima taka-kamerasta poispäin, ottamalla sensorifuusion magneettisen pohjoisnavan suunta ja sitä vertaamalla laitteen asentoon.

### 5.2.4 Laitteen sijainti

Laitteen sijainti saadaan kosordinaatteina suoraan laitteen GPS-sensorista. Tämä on kerrottu kappaleessa ”Laitteisto”. Koordinaatit otetaan kahteen muuttujaan, pituus- ja leveysasteina. Sijaintia käytetään laskemaan etäisyyksiä kohteisiin, sekä hakemaan Places API:n kautta tiedot lähimmistä kohteista.

### 5.2.5 Kohteiden tiedot

Kohteiden tiedot tulevat Places API:n HTTP-kutsusta, joka muodostetaan sovelluksessa määrittämällä haluttu etäisyys ja kohteen tyyppi. Tässä sovelluksessa etäisyys on asetettu arvoon 3 km, ja tyyppi arvoon ”bar”. Places API tarvitsee kysyjän koordinaatit toimiakseen.1

Kohteiden tiedot kysytään Places API-palvelusta seuraavanlaisella HTTP-kutsulla:

<https://maps.googleapis.com/maps/api/place/search/json?&key=AIzaSyC-MHDE79bBkZ53VtPoGUcs6JcNXF9c-Q&type=bar&location=65.0426194,25.4312295&radius=3000>

Kutsussa ”key” on varmistus avain, jonka Google tarvitsee varmistaakseen, että sovellus on aito ja sille on annettu lupa käyttää Places API:a. ”Type” -muuttujaan laitetaan kohteen tyyppi, johon Googlella on suuri määrä vaihtoehtoja, esimerkkinä sairaalat, postikonttorit, erilaiset kaupat ja baarit, jota käytetään työn esimerkki sovelluksessa [11]. ”Radius” muuttuja määrittelee kuinka suurelta säteeltä kohteita etsitään metreinä, joka voi olla maksimissaan 50 000 [12]. Edellä olevassa esimerkissä on käytetty 3 km. ”Location” -muuttuja sisältää pyytäjän koordinaatin, pituus ja leveysaste erotettu pilkulla [12].

```

"results": [
  {
    "geometry": {
      "location": {
        "lat": 65.0352965,
        "lng": 25.4468535
      },
      "name": "Caio Oulu",
    },
  ],
]

```

Kuva 10. Kohdehaun tulos.

Kohteiden tiedot tulevat kuvassa 10 näkyvässä JSON-muodossa, josta käytetään vain paikannus-dataa, sekä nimi tietoa. Tästä muodosta saadaan helposti avain-arvo parilla otettua kohteen sijainti, sekä nimi talteen, jota voidaan myöhemmin käyttää kohteen näyttämiseen näytöllä oikeaan suuntaan.

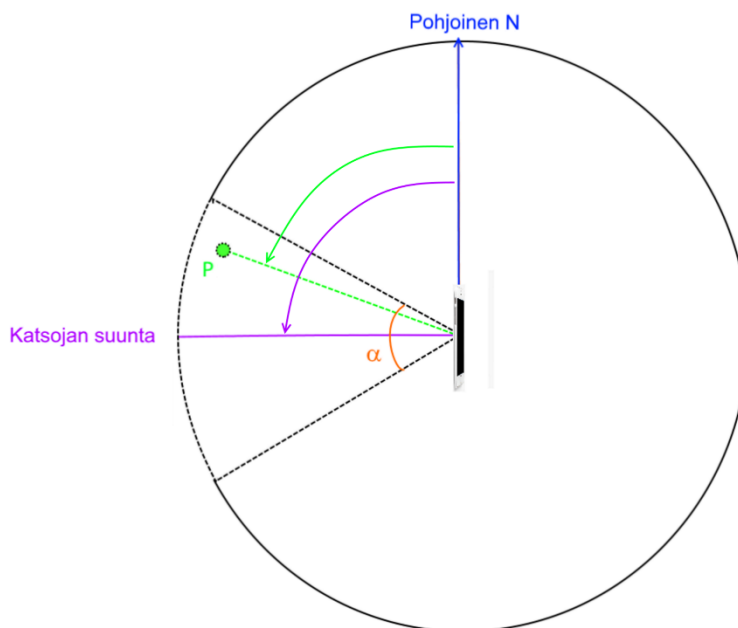
<sup>1</sup> Google Places API supported types, [https://developers.google.com/places/android-api/supported\\_types](https://developers.google.com/places/android-api/supported_types)

### 5.2.6 Datankäsittely

Kuvassa 11 on hahmoteltu datan käsittelyn jälkeen saadut arvot, ja kuinka datasta muodostetaan kohteiden x arvoja puhelimen näyttöön. Sovellus aloittaa datan käsittelyn linssin ominaisuuksista. Takakameran linssin fyysinen koko ja polttoväli saadaan kameran ominaisuuksista: `SENSOR_INFO_PHYSICAL_SIZE` ja `LENS_INFO_AVAILABLE_FOCAL_LENGTHS`. Tämä näkyy kuvassa 12.

P = Paikka, jonka koordinaatit saadaan Google Places API:sta

$\alpha$  = Näkymä sektori



Kuva 11. Datan käsittelyn havainnollistaminen.

```
float[] maxFocus = characteristics.get(CameraCharacteristics.LENS_INFO_AVAILABLE_FOCAL_LENGTHS);
SizeF size = characteristics.get(CameraCharacteristics.SENSOR_INFO_PHYSICAL_SIZE);
```

Kuva 12. Linssin fyysisen koon ja polttovälin laskenta.

$$\alpha = 2 * \tan^{-1}(fk/(2 * f)) \quad (1)$$

missä  $\alpha$  on kulman suuruus [°],

fk on fyysinen koko [mm],

f on polttoväli [mm].

Kun tiedot on saatu muuttujiin, lasketaan niistä kaavalla (1), kuvassa 11 näkyvä kulma  $\alpha$ , joka kertoo kuinka suuren alueen katsoja näkee puhelimen näytössä. Kulman avulla voidaan tarkistaa kohteen näkyvyys kameran näkymässä.

Kuvassa 11 olevan ympyrän säde vastaa valittua kohteiden hakuetaisyyttä, joka on asetettuna koodiin kolmeen kilometriin. Google Places API palauttaa vain tällä etäisyydellä olevat kohteet.

Kohdetiedot tulevat JSON-muodossa, josta pystytään nopeasti viittaamaan esimerkiksi paikan nimeen, tai paikan koordinaattiin. Kun kohteiden koordinaatit ja tiedot on saatu puhelimeen, jokaiselle kohteelle lasketaan suuntima, joka tallennetaan listaan. Tätä suuntimaa verrataan omaan kulkusuuntaan AZ ja FOV -sektoriin. Kulkusuunnan, sekä kameran linssin tiedoista laskettu FOV-kulma määrittää jokaisen kohteen x-arvon. X-arvo tarkoittaa kohteen piirtopaikkaa näytön

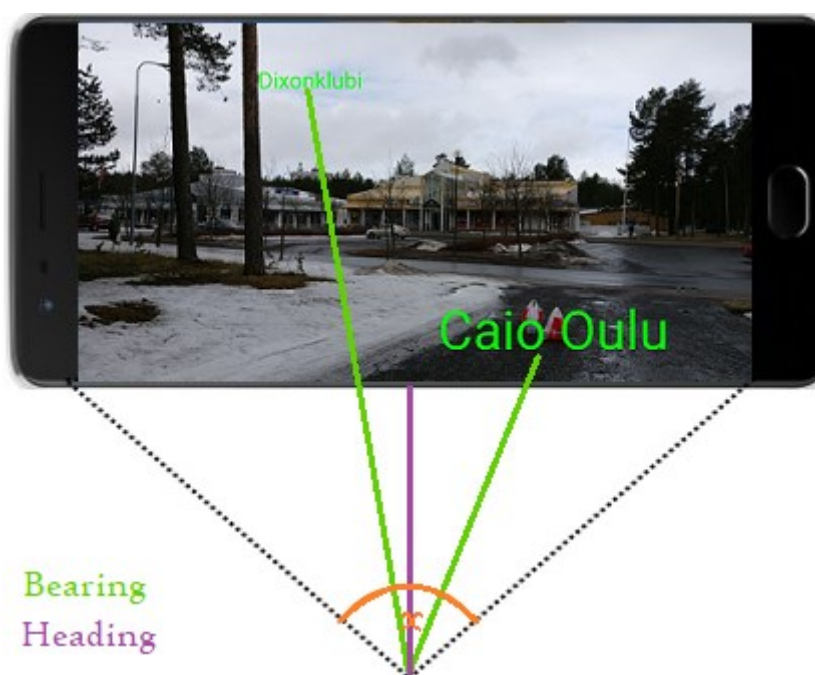
vaakatasossa. Näytössä voi olla esimerkiksi  $x:n$  arvot 0-1920, tämä luku tulee näytön pikselien määrästä. Luku suhteutetaan näytössä näkyvään alueeseen. (FOV).

Kun kohteen suuntima osuu FOV -sektorin sisälle, kohde piirretään näytölle kohteen arvioituun suuntaan. Kohteen fontti, ja y-arvo, joka määrittelee kuinka korkealla näytössä kohde sijaitsee, vaihtuu kohteen etäisyyden mukaan.

### 5.2.7 Kohteiden piirtäminen

Sovellus päivittää kulkusuuntaa AZ jatkuvasti, jonka vuoksi saadaan kohteet liikkuman käyttäjän liikkeen mukaisesti. Piirtämisen positiivinen raja-arvo saadaan kohteille lisäämällä kulkusuuntaan AZ puolet FOV-kulmasta, sekä negatiivinen raja-arvo vastaavasti vähentämällä.

<sup>1</sup> Google Places API searches, <https://developers.google.com/places/web-service/search>



Kuva 13. Kuvankaappaus kohteesta

Kuvassa 13 nähtävissä näytölle piirretty kohteen nimi, kohteen suunnassa. Kohteiden "Dixonklubi" ja "Caio Oulu" suuntimat ovat kulkusuunnan ja FOV-kulman sisällä, joten kohteet piirtyvät näytölle niiden sijainnin suuntaan.

Kohteiden etäisyyden vertailuun on käytetty tekstin fonttikokoa, sekä piirtämällä kauempana olevat kohteet ylemmäs näytössä, kuin lähempänä olevat. Sekä lähellä olevat kohteet piirretään suurempana, jotta saadaan perspektiiviä kohteisiin. Kuvasta 13 voidaan nähdä miten kauempana oleva kohde on paljon pienempi ja sijoittuu ylemmänä näytössä kuin lähellä sijaitseva kohde.

### 5.2.7 Sovelluksen testaus

Tutkimuksessa kehitetty sovellus ladattiin Google Play Storeen, josta sovelluksen voi ladata kokeiltavaksi Android-laitteilla.



## Tia Dalma's Compass (julkaisematon)

Dyadic

**3** PEGI 3

**ASENNA**

Kuva 14. Tutkimuksessa kehitetty sovellus Google Play Store:ssa

Tutkimuksessa toteutetun sovelluksen käytettävyys on helppo eikä vaadi käyttäjältä perehtymistä juuri ollenkaan. Virtuaalinen informaatio näytetään näytöllä selkeästi eikä se sekoita käyttäjää reaali maailmasta vaan lisätty data erottuu hyvin reaalikuvasta kirkkaan vihreän värin ansiosta. Sovellus ei kuitenkaan näytä muuta kuin paikan nimen ja etäisyyden ruudun pystyakselille sijoittelulla, joten kohteiden tarkemmat informaatiot jäävät vielä käyttäjältä piiloon. Nämä olisivat sovelluksen jatkokehitykseen mahdollisia osa-alueita, jos sovelluksella haluttaisi ohjata käyttäjiä enemmän.

Sovellusta testattaessa huomataan aika-ajoin magnetometrin epätarkkuus hyppivänä paikkojen sijaintina, tämä voi johtua sijainnista riippuen rakennuksesta, lähellä olevasta sähkölaitteesta tai magneetista. Myös laitteen ollessa pitkään paikallaan, saattaa tieto vanheta, kun sensoreita ei ole kalibroitu [23]. Magnetometrejä parannetaan jatkuvasti ja parempia mittalaitteita varmasti saadaan jatkossa mobiililaitteille. Mutta tällä hetkellä tarkkojen, vähähäiriöisten ja edullisten magnetometrien valmistus on avoin haaste mobiililaitteilla [23].

## 6. YHTEENVETO

Kandidatutkimuksessa tutkittiin pilvipalveluiden apukeinoja kehittää lisätyn todellisuuden sovelluksia mobiililaitteissa. Projektissa kehitettiin augmentoidun todellisuuden sovellus, jonka periaatteena oli hakea laitteen sijainti, sekä lähellä olevien baarien koordinaatit, Googlen tarjoamasta ilmaisesta pilvipalvelusta Google Places API:sta ja piirtää informaatio mobiililaitteen näytölle kameran reaalikuvan päälle.

Google Services -palvelu antaa erinomaisen mahdollisuuden kehittää Googlen tietokantaa käyttäviä sovelluksia ilmaiseksi. Tutkimuksessa käytettiin Google Places API:a, joka mahdollisti pääsyn laitteen ja kohteiden paikannustietoihin. Tutkimuksessa toteutetun sovelluksen toteutuksessa havaittiin paikantamiseen perustuvien palveluiden antavan monipuoliset käyttömahdollisuudet erilaisille sovelluksille. Tämän perusteella on mahdollista kehittää paljon erilaisia ja monipuolisia mobiilisovelluksia. Google Service:n tarjoama Google Directions API toimii paremmin reittien tunnistamiseen, jolla saatavat tiedot sopisivat kohteiden tarkempaan analysointiin, esimerkiksi sovelluksen jatkokehitystä ajatellen.

Reaaliaikaisesti toimivat augmentoidut sovellukset mahdollistavat nopean informaation välityksen. Kuvan ja videonkäsittely -prosessit ovat tunnetusti erittäin raskaita laskennallisesti, mutta nykyajan mobiililaitteet kykenevät jo suorittamaan kyseisiä prosesseja tarpeeksi hyvin, mahdollistaen augmentoitujen sovellusten käyttämisen.

## 7. LÄHTEET

- [1] Wu H, Lee SW, Chang H & Liang J. (2013) Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education* 62: 41-49.
- [2] Chi H, Kang S & Wang X. (2013) Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction* 33: 116-122.
- [3] DWF Van Krevelen and R Poelman. (2010) A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2):1–20
- [4] Geiger, Philip and Pryss, Rüdiger and Schickler, Marc and Reichert, Manfred (2013) Engineering an Advanced Location-Based Augmented Reality Engine for Smart Mobile Devices. Technical Report. Ulm University, Ulm.
- [5] Control of activation of location-related sensors of a mobile device (2015) <https://www.google.com/patents/US9167529>
- [6] Geiger, Philip & Schickler, Marc & Pryss, Rüdiger & Schobel, Johannes & Reichert, Manfred. (2014). Location-based Mobile Augmented Reality Applications Challenges, Examples, Lessons Learned.
- [7] Dan Sung (2011) What is Augmented Reality? Pocket-lint, [nettiartikkeli](#)
- [8] Simo Ala-Kotila (2014) Natiivin android-sovelluksen ja rest-rajapinnan toteutus
- [9] Android-developing website, <https://developer.android.com>
- [10] M. Zinoune (2012) Why is Android built on Linux Kernel? Unixmen, [nettiartikkeli](#)
- [11] Hoan T. Dinh, Chonho Lee, Dusit Niyato, Ping Wang (2011) A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches
- [12] Qingfeng Zhang, Weilong Chu, Changhong Ji, Chengyuan Ke, Yamei Li (2014) An implementation of generic augmented reality in mobile devices, Published: Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC), IEEE 7th Joint International
- [13] Singhal M & Shukla A. (2012) Implementation of location-based services in Android using GPS and Web services. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues* 9(1): 237-242
- [14] Zapata BC. (2013) *Android Studio Application Development*. : Packt Publishing



- [15] Ermagun A, Fan Y, Wolfson J, Adomavicius G & Das K. (2017) Real-time trip purpose prediction using online location-based search and discovery services. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 77(Supplement C): 96-112
- [16] Shankar P, Huang Y-, Castro P, Nath B & Iftode L. (2012) Crowds Replace Experts: Building Better Location-Based Services using Mobile Social Network Interactions. 2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2012. : 20-29
- [17] Kipper, Greg Rampolla, Joseph (2012) *Augmented Reality. An Emerging Technologies Guide to AR*. Rockland, MA Syngress. 2012: 29-50
- [18] Budhiraja, R.; Lee, G.A.; Billinghamurst, M. (2013) Interaction techniques for HMD-HHD hybrid AR systems : Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2013 IEEE International Symposium on, Issue Date: 1-4 Oct. 2013, 243 – 244
- [19] Michael R. Marnier, Ross T. Smith, James A. Walsh, and Bruce H. Thomas (2014) Spatial User Interfaces for Large-Scale Projector-Based Augmented Reality *IEEE Computer Graphics and Applications* ( Volume: 34, Issue: 6, Nov.-Dec.)
- [20] Pankti Doshi, Pooja Jain, Abhishek Shakwala (2014) Location Based Services and Integration of Google Maps in Android *International Journal Of Engineering And Computer Science* ISSN:2319-7242 Volume 3 Issue 3 March, Page No. 5072-5077
- [21] Manav Singhal , Anupam Shukla (2012) Implementation of Location based Services in Android using GPS and Web Services *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 1, No 2, January
- [22] Vlasios Kasapakis, Damianos Gavalas (2016) Occlusion handling in outdoors augmented reality games. *Multimedia Tools and Applications* Volume 76 Issue 7, April 2017 Pages 9829-9854
- [23] Sood R, Chang Y & Darby C. (2012) *Pro Android Augmented Reality*. New York: Apress
- [24] Augmented reality trend diagram, (2017), <https://trends.google.com/>
- [25] Milette G & Stroud A. (2012) *Professional Android Sensor Programming*. Indianapolis, Ind. John Wiley & Sons
- [26] Xiaohui Wu, Jibo He, Jake Ellis, (2016) Which is a Better In-Vehicle Information Display? A Comparison of Google Glass and Smartphones. *Journal of Display Technology*, 12(11), 1364-1371.
- [27] Ehsan Noei, Mark D. Syer, Ying Zou, Ahmed E. Hassan, Iman Keivanloo (2017) A Study of the relation of mobile device attributes with the user-perceived quality of Android apps. *Empirical Software Engineering archive* Volume 22 Issue 6, Pages 3088-3116

- [28] Tien-Chi Huang (2017) Seeing creativity in an augmented experiential learning environment. Universal Access in the Information Society. 10.1007/s10209-017-0592-2.
- [29] Zunaira Ilyas Bhutta, Syedda Umm-e-Hani, Iqra Tariq. (2015) The next problems to solve in augmented reality. International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT), Karachi, 2015, pp. 1-4.
- [30] J. Carmigniani and B. Furh t. (2011) Hand-book of Augmented Reality, Springer, New York, pp. 3-46.
- [31] J. Carmigniani. (2011). Augmented Reality Technologies, Systems and Applications. Multimedia Tools and Applications, 51 (1), p.341–377.
- [32] Rambli, D. R. A. and Nur Intan Adhani Muhamad Nazri (2014). Current limitations and opportunities in mobile augmented reality application 2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS).